論文 低強度コンクリートに対する挿入型鉄筋定着工法の定着性能

杉山 智昭*1・小野 英雄*2・安富 陽子*3・瀧口 克己*4

要旨:コンクリート系の構造躯体の補修・補強,また,増改築に伴う新設部材設置では,新設部材の主筋・ 壁筋などの曲げ補強鉄筋を既存躯体に定着することが必要となる場合があり,その際には鉄筋の引張力を確 実に既存躯体へ伝達することが求められる。本研究は,構造性能・施工性ともに信頼性能の高い後挿入型の 鉄筋定着工法を提案し,その定着性能の評価を目的としている。本論文では,既報に引続き母材コンクリー ト圧縮強度が約15N/mm²である場合の定着筋表面・孔壁表面の付着性能および小径定着板の支圧効果,また, 複数本定着した場合の定着性能を実験により示した。 キーワード:耐震補強,増改築,付着,定着,支圧

1. はじめに

コンクリート系の構造躯体の補修・補強,また増改築 に伴う新設部材設置には,新設部材の主筋や壁筋などの 曲げ補強筋を既存躯体に定着することが求められる場合 があり,この際には鉄筋の引張力を確実に既存躯体へ伝 達することが必要である。構造躯体に生じる引張力を鉄 筋の付着抵抗により伝達するためには定着鉄筋径の15 ~20倍以上^{1),2)}の長い定着長さが必要となるが,既存 躯体に対してこれら長い定着筋を「後付け」する場合に は,工法の施工信頼性確保と構造性能の明確化・評価が 必要となる。本研究は,既存と新設の構造躯体の接合面 に生じる引張力を確実に伝達可能な後付けの鉄筋定着工 法を提案し,その定着性能の評価を目的としている。

提案する挿入型鉄筋定着工法の概略図を図-1 に示す。 本工法は,既存構造物のせん断補強方法として土木分野 で実用化されている工法³⁾の施工技術を応用展開するこ とで,太径鉄筋,また,長い定着においても所要の施工 信頼性・定着性能を確保するものである。施工手順は, 図-1 に示す様に改良型の削岩機を用いて既存躯体に削 孔し,可塑性に優れた専用のモルタルを孔内に充填した 後,小円形の定着板が先端に摩擦圧接された異形棒鋼(定 着筋)を孔内に挿入して定着する。本工法において引張力 は,定着筋表面の付着力と先端の小円形定着板の支圧に より孔内モルタルに伝達し,さらに,既存躯体には孔壁 表面の付着力によって伝達するものである。

筆者らの一部は、本工法の定着筋の付着特性と定着板 の支圧特性の両者を含む定着性能の把握し、定着筋表面 の付着特性は、コンクリート硬化前に設置された通常の 付着特性と同等以上であり、小円径の定着板によっても 支圧効果が得られることを報告している⁴⁾。本工法の付 着特性は既存コンクリート強度の影響を受けること、ま

*1 大成建設(株) 技術センター 博(工) (正会員)

- *2 大成建設(株) 設計本部 博(工)
- *3 関西電力(株) 原子力事業本部
- *4 東京工業大学名誉教授 工博 (正会員)

た,既報における実験の母材コンクリート強度は約21~ 45N/mm²であることから,本論文の目的は,上記コンク リート強度を下回る範囲における本工法の付着・定着性 能を実験により把握することである。

実験は、基本的な付着性能・定着性能を把握する短い 定着長さの実験、実用に近い付着・定着性能把握する定 着長の長い実験の2シリーズを実施し、これらの結果よ り本工法の付着・定着挙動について検討した。

2.定着長の短い実験

2.1 実験概要

表-1 に要因一覧,図-2 に試験体形状図を示す。実験 は、コンクリート硬化前に設置された異形棒鋼(以下,先



付)と本工法(以下,挿入型)の付着抵抗を比較することを 主目的に計画した。試験体・加力方法は、既報4)と同様 に定着筋表面または孔壁表面の付着破壊を想定し、要因 による差異を把握するため文献2)で示されている試験 方法に準じた。具体的には,加力形式は自己反力型とし, 試験体は定着筋を鋼管に囲まれたコンクリート中に定着 させ、定着長さを la=7d(d:定着筋径)とした。変動要因 は2種類設定し、①定着種別:挿入型、先付、②定着板: 有,無とし,要因を組合せて3種類・計13体計画した。 母材コンクリート強度は、21N/mm²を下回る 15~21 N/mm²の範囲を目指して 18N/mm²を目標強度とした。本 工法は、定着筋先端に定着板を摩擦圧接しているが、定 着筋の付着特性を確認するため、定着板の無い試験体も 設定しており、その削孔径は定着板がある場合と同一と している。定着筋は、付着破壊を生じ易くするため材質 を SD490 とし、ねじ節鉄筋を使用した。定着板の径は、 定着筋の降伏時引張力と定着板の支圧強度²⁾がほぼ同等 となる 50mm であり、削孔径は 55mm としている。先付 の試験体は3体、挿入型の試験体は5体ずつ同一要因の 試験体を作成した。施工は下向きで実施した。

加力は、図-2 中に示す様に試験体上面に加力用プレ ートを設置して自己反力型で行った。計測は荷重と変位 について行い、変位計測は、載荷端変位(δ_L)と定着奥側 の自由端変位(δ_F)を計測した。

2.2 実験結果の概要

(1) 破壊状況と荷重-変形関係

図-3 に定着筋の抜け出し状況および母材破壊状況, 表-2 に実験結果一覧を示す。母材コンクリート強度は, 約15N/mm²であった。

最終破壊モードは、挿入型・定着板有では、孔壁表面 の付着破壊(BH:モルタルーコンクリート間)であり、挿 入型・定着板無は、主に孔壁表面の付着破壊(BH)であり、 定着奥側の一部区間で定着筋表面の付着破壊(BS:定着 筋ーモルタル間のシアオフ破壊)が認められた。また、先 付は、定着筋表面の付着破壊(BS:定着筋ーコンクリー ト間のシアオフ破壊)であった。挿入型・定着板無の破壊 モードは、既報では定着筋表面の付着破壊(BS)であるた め、コンクリート強度の低下とともに孔壁表面の付着破 壊(BH)が生じやすい傾向といえる。

図-4に付着応力度 τ_{bs} -変位(載荷端変位 δ_L ,自由端 変位 δ_F)関係を示す。付着応力度 τ_{bs} は、定着筋周長にお ける付着応力度とし、定着板が有る場合も定着長さ全体 で一様な付着応力度が生じるとした平均付着応力度で示 している($\tau_{bs}=P/(\phi \cdot l_a)$, P:荷重、 ϕ :定着筋周長, l_a : 定着長さ=7d)。ここで、載荷端変位 δ_L は、無付着区間、 加力用プレート厚さ・変位計取付け区間の歪み(伸び)に よる変形を除いた値として示している。 表-1 試験体要因一覧(定着長:短)



図-4の上図に示す様に、載荷端変位 δ_L の剛性は、先付と挿入型、また、定着板の有無にかかわらず同様である。また、挿入型(定着板有、定着板無)は、先付よりも

剛性低下が小さく、各変形時の付着応力度が大きい。

短期許容応力度の一つの指標となる $\delta_F = 0.25 \text{ mm}^{5}$ の 付着応力度(τ bs0 25)および付着強度(τ bsu)は、定着板が無 い場合でも先付より挿入型で大きく、また、定着板の存 在により最大耐力は 1.2~1.6 倍(最小値と最大値の比で 15.47/10.22 = 1.2, 平均値の比で 18.21/11.09 = 1.6)程度上 昇している。したがって, 既報と同様に, 挿入型の付着 抵抗は先付と同等以上であり、定着板が有る場合の定着 長さは、2~4d(≒7d×0.2~0.6)程度定着長が長い場合の 付着抵抗に等しいと考えられる。

2.3 実験付着強度と評価値の比較

図-5 に実験の付着強度と設計付着応力度・強度の比 較を示す。横軸は母材コンクリート圧縮強度であり、左 図は、縦軸が定着筋表面の平均付着強度(e τ bsu=Pu/(ψ・ la), φ: 定着筋周長)であり、挿入型・定着板有の試験体 も含めて実験結果を全て示しており、右図は、縦軸を孔 壁表面の平均付着強度($_{e} \tau_{bhu} = P_{u}/(\pi \cdot H \cdot l_{a}), H: 削孔径)$ であり、挿入型・定着板有の実験結果を示している。ま た,図中の線は、日本建築学会 RC 規準¹⁾6 条の短期許 容応力度 fa, 16 および 17 条の付着強度 K・fb(その他の鉄 筋, K=2.5),および、日本建築学会各種合成構造設計指針 ²⁾の付着強度(τ_{bayg} =10 $\sqrt{(\sigma_B/21)}$)を示している。なお, 図中には既往実験(21~45N/mm²)⁴⁾の結果も示した。

先付および挿入型の定着筋表面の付着強度 τ bsu, およ び,挿入型の孔壁表面の付着強度 τ bhu は,コンクリート 強度の上昇と共に大きくなる傾向を示している。挿入型 の定着筋表面の付着強度 τ bsu は, 先付と比較して普通強 度 15~36N/mm²で大きく,高強度の 36~45 N/mm²でほ ぼ同等となっている。また, 孔壁の付着強度 τ bhu は, 先 付に近い数値となっており、定着筋径よりも孔径が非常 に大きいことからも孔壁の付着性能は非常に高いと判断 される。また, τ_{bsu} , τ_{bhu} ともに実強度 15N/mm²におい ても, RC 規準の許容付着応力度・強度の2倍を超える 値であり、各種合成構造指針の付着強度と同等以上の値 となっている。したがって、本工法の付着性能は、先付



表-2 試験体要因および実験結果一覧

			実験結果									
試験体	コン クリ	モルタル	δ _F =0.25	5mm時	付着	強度 新重時	破壊 モード ^{※2}					
武験体名	ート	強度	[N/mn	n^2] ^{*1}	取八世 [N/mn	$n^2]^{*1}$						
	JH/X		$\tau_{bs0.25}$	$\tau_{bh0.25}$	τ_{bus}	τ_{buh}						
			14.42	8.21	17.50	9.97	BH					
挿入型			15.43	8.80	18.64	10.63	BH					
定着板有			16.01	9.14	20.78	11.86	Y-BH					
P-32P-7			12.92	7.40	15.47	8.86	BH					
		59.1	14.96	8.52	18.64	10.61	BH					
	14.2	N/mm ²	9.29	5.27	12.22	6.93	BH					
挿入型	14.5 N/mm ²		7.03	3.99	10.22	5.80	BH					
定着板無	IN/11111		8.46	4.85	11.27	6.47	BH·BS					
P-32N-7			8.81	5.01	10.92	6.21	BH·BS					
			7.61	4.34	10.79	6.16	BH·BS					
先付			6.80	_	8.24	_	BS					
定着板無		-	7.37	_	8.90	_	BS					
C-32N-7			7.29	-	8.36	_	BS					

 $= P/(\phi \cdot l_a),$ $P/(\pi \cdot H \cdot l_a)$ * 1 bs φ:定着筋周長, H: 削孔径

 $P:荷重, <math>l_a$:定着長さ, 破壊モード BS:付着 * 2 BS:付着破壊(鉄筋表面), BH:付着破壊(鉄筋表面), Y:鉄筋降伏,SU:鉄筋破断



付着応力度 τ_{hs} 一変位 δ 関係 (上段 δ_{I} , 下段 δ_{F}) 図-4

実驗結果

□:挿入型

↑:定着筋

破断

定着板有

と同等に評価することが十分可能と考えられる。

3. 定着長の長い実験

3.1 実験概要

ここでは,接合面近傍(載荷近傍)の付着劣化が生じる 実用に近い条件下の引張実験を行い,定着長が比較的長 い状況下,および,複数本定着された場合の平均的な付 着応力度分布および定着板の定着性能への寄与分を把握 する。試験体要因を表-3,試験体形状・定着筋歪み計測 位置図を図-6に示す。

試験体は、本工法(挿入型)のみであり、母材の目標コ ンクリート強度を18N/mm²とした。変動要因は①定着長 さ*l_a*:20*d*,25*d*(*d*:定着筋径),②定着板:有・無、③鉄 筋本数(1~3本)および鉄筋間隔(150mm,300mm,なし)を 設定して計6体計画した。使用した定着筋は、より大き な引張力を与えるためD32(SD490)とし、長い定着長(*l_a* =25*d*)の試験体は、降伏型の安定した性状を確認するた めD32(SD345)としている。削孔径・定着板形状は、前章 と同様であり、施工は下向きで実施した。

図-7 に加力装置図を示す。加力は、コンクリートを 拘束しない様に、定着筋より離れた位置で反力をとる自 己反力型の形式で実施した。複数本(2本および3本)の加 力は、加力用鉄骨を介して2台のジャッキを用いて行っ た。加力サイクルは、定着筋が長期許容応力度相当 220N/mm²の175kN/本,SD390の短期許容応力度相当の 310kN/本(SD345の場合は345 N/mm²の275kN/本)で各3 回繰り返した後、定着筋の破断直前の荷重まで行った。

計測は、荷重、定着筋の抜け出し変形 δ_L,および、定 着筋各の歪みについて行った。定着筋の歪みは、載荷端 (コンクリート表面)は全てを計測し、全長(各断面)につい ては、2本定着した試験体では1本、3本定着した試験 体では2本(図-6中 a,bの定着筋)を計測した。全長の 歪みを計測する場合は、図-6に示す様に定着筋のリブ 部分に溝を設け、溝内に歪みゲージを貼付けて計測した。 複数本(2本および3本)定着した試験体の定着筋毎の 荷重は、載荷端で測定した歪みより算出することとした。 その際の応力度算出方法は、文献 6)によった。

3.2 実験結果

(1) 破壊状況と荷重-変形関係

図-8 に破壊状況図,**表-4** に実験結果一覧を示す。 母材コンクリート強度は,約15N/mm²であった。

全ての試験体で定着筋の降伏に至り、最終的には定着 筋の引張強度同等(1本あたり 500~520kN 程度)まで載 荷を実施した。複数本の試験体では、降伏後の伸び変形 が大きくなった定着筋により加力用鉄骨が大きく傾いた ため載荷を終了したが、全ての定着筋で引張強度に近い 値まで載荷を実施している。

母材の破壊状況は、複数本の試験体で定着筋間を結ぶ

			~	, <u>pi - i</u>							
試験体要因 [試験体名]	定着 クリート		定差篩	定着	定着	定着筋本数					
	種別			板	長さ	定着筋間隔					
1本(基本)		5412		4		1本					
[P-32P-20]				亻		_					
1本(定着板無)				無		1本					
[P-32N-20]				,	<i></i>	_					
2本(150间隔)	挿		D32		640mm	2 A					
<u>[P-32P-20-D150]</u> 2 ★(200 問頃)	入	$18N/mm^2$	SD490		(200)	150m	<u>m</u>				
2 本(500 同间) [P 32P 20 D300]	型			有		300mm					
3 木(150 間隔)						3本					
[P-32P-20-T150]						150mm					
3本(150間隔)降伏型			D32		800mm	3本					
[P-32YP-25-T150]			SD345		(25d)	150m)mm				
※定着筋 D32(SD490)	降伏	点=533IN	J/mm^2],	引	張強度=	=721 [N/	$(/mm^2)$				
定着筋 D32(SD345)	降伏	点=393[N	J/mm^2],	引	張強度=	=579 [N/	mm ²]				
	Î-	- -				0.201	1 Oh				
G 500 150150	500	i Pill +	-21								
			³⁰		-	<u>1a</u>	1b				
			96								
8						2a	2b				
			96			30	3h				
	長7いずみ										
	(溝切	()		5							
						4a	4b				
4											
	250	III I	192	N							
8	8					50	5h				
-	[∞]		- IST	-	ŧŧ	Ja	100				
			0								
		: U	ずみ計測	位置	Gh						
1300	0		2			08	do				
D_20VD_0	5_T150	→ . *									
2-3212-25-1150 図 6 計除体取供図れたパネル計測体異図(労失)											
凶一0 試験体形状凶およい金み計測位直凶(単位 100)											
има д											
δ L=(δ L1+δ L2)/2	7 加力/	用rUjji稱~	\parallel								
						Γ'					
Fur u u	· 	n n				╢╚╋╋	-				

ひび割れが発生し、その後、上面に薄いコーン状破壊の 発生が見られた。3本で定着筋間隔が150mmの試験体 (P-32P-20-T150)を除き、定着筋を結ぶひび割れは短期許 容荷重レベルで発生しており、上面のコーン状破壊は定 着筋降伏以降に顕著となった。P-32P-20-T150では、定着 筋間を結ぶひび割れが、長期許容荷重程度の早期に認め られ、上部のコーン状破壊が短期許容荷重直前に発生し ている。なお、複数本の場合は、上部のコーンが繋がる

図-7 加力装置図(左:1本,右:複数本)

変位計測

1300

δL2

δ11

<u>再</u> 反力間距離850

1300

表-3 試験体要因一覧(定着長:長)

	要因 材料強度		実験結果					設計付着応力度・強度計算値										
お豚牛亜田		* 鉄筋	コン クリ	モルタル	最大耐力時			RC 規	RC 規準 ³⁾ 各種合成構造 ⁴⁾									
試験体名	定着				荷重**1		載荷端 付着応力		力度**2	破壊	K C	τ hsu	付着強度低減		城係数	基本	付着	τ _{hsu}
	mm	mm	- h N/mm ²	強度 N/mm ²	$(\Sigma P/n)$	Ρ	<u>変担</u> δ _L	τbsu_2	τbhu_2	*3	$\Lambda \cdot J_b$ N/mm ²		α1	$\alpha 2$	α	知度 て have	11度 て a	
		19/1	14/11111	1 1/11111	` kN ´	kN	mm	N/mm ⁻	N/mm ⁻		$K \cdot f_b$				N/mm ²	N/mm ²	τα	
1本(基本) P-32P-20		-	15.0		500.5	-	53.66	7.82	4.28	Y→SU	3 10	2.45	1.00	1.00	1.00	8.45	8.45	0.93
<u>1本(板無) P-32N-20</u>		-	15.0		520.1	-	15.88	8.13	3.88	Y→SU	→SU ^{5.19}	2.55	1.00	1.00	1.00		8.45	0.96
2本(150間隔) a		150			1021.2	467.6	16.60	7.31	4.15	Y→SU		2.32	0.62	1.00	0.62		5.11	1.43
P-32P-20-D150 b	204	130		56.8	(510.6)	529.9	19.03	8.28	4.69			2.63	0.62	2 1.00 0.62 3 1.00 0.73	0.62	8.28	5.11	1.62
2本(300間隔) a	200 640	200			1020.9	483.0	22.63	7.55	4.32	VICII	SU 3.15	2.40	0.73		0.73		6.08	1.24
P-32P-20-D300 b	040	300	14.4		(510.5)	513.5	23.43	8.02	4.59	1→SU		2.55	0.73	1.00	0.73		6.08	1.32
3本(150間隔) a					1494.3 (498.1)	473.1	20.20	7.39	4.19	Y→SU	2.35	0.62	1.00	0.62		5.11	1.45	
P-32P-20-T150 b		150				479.4	19.33	7.49	4.23			2.38	0.62	0.62	0.38		3.15	2.37
с						513.7	16.26	8.03	4.61			2.55	0.62	1.00	0.62		5.11	1.57
3本(150間隔) a	25d 800 1:	25d 300 150	50 15.0		1198.6 (399.5)	329.0	6.07	4.11	2.35	Y→SU		1.29	0.62	2 1.00 2 0.62	0.62	8.45	5.22	0.79
降伏型(SD345) b						325.7	18.13	4.07	2.30		3.19	1.28	0.62		0.38		3.22	1.26
P-32YP-25-T150 c						362.3	9.18	4.53	2.57		-	1.42	0.62	1.00	0.62		5.22	0.79

<u>表-4</u>実験結果および設計付着応力度計算値

※1 ΣP:ロードセルの荷重の総和, P: 歪みより算出した1本毎の引張荷重, n:鉄筋本数

 $L_1 = P(-\phi, l_a), \tau_{bh} = P((-\phi, l_a), \tau_{bh} = P((-\phi, l_a), \tau_{bh})$ ※2 $\tau_{bh} = P((-\phi, l_a), \tau_{bh}) = P((-\phi, l_a), P: 荷電(1 本毎, 孟みより算出), l_a: 定着長さ, \phi: 定着筋周長, H: 削孔径$ ※3 破壊モード B: 付着破壊, Y: 定着筋降伏, SU: 鉄筋破断



1本・定着板有 P-32P-20

2本・150間 P-32P-20-D150





3本・150間隔 定着筋間ひび割れ



図-9 1本あたりの引張荷重 P-載荷変位 δ_l 関係

性状であった。

図-9 に荷重 *P*-載荷端変位 δ_L 関係を示す。荷重は, 歪みより算出した定着筋毎の値を示している。

定着筋降伏までの剛性は、ばらつきが若干あるものの 複数本の場合、また、定着筋間隔が短い場合、剛性が小 さくなる傾向が認められる。3本定着された場合、中央 の鉄筋(b)で同一変形時の荷重が外側(a,c)よりも小さい傾 向だが荷重-変形関係に大きな差異は認められない。 P-32P-20-T150(3本150mm間隔)では、P=250~300kN/本 付近で上部コーン状破壊による剛性の低下が認められる が、定着奥側(下側)の抵抗があるため、その後も荷重は 増加しており、また、短期許容荷重時の残留変形も0.4mm 程度と小さい値に抑えられている。

全ての試験体で,長期許容応力度相当,短期許容応力 度相当の繰返しでは,変形が進むなどの繰返し載荷の影響は見られなかった。また,複数本の場合でも定着筋降 伏に伴う大きな伸び変形が得られる性状であった。

(2) 歪み分布

図-10 に定着筋の歪み分布を示す。図は 50kN 毎の歪 み分布を示しており,赤線(凡例〇)は,定着筋の長期許 容応力度時,短期許容応力度時,実降伏時,最大耐力時 について示している。

定着筋の歪み分布は、荷重の増大とともに載荷端上部 で歪みの変化が無くなる付着劣化が生じているが、定着 全長でほぼ一様な勾配の傾向であり、全長で平均的な付 着抵抗が認められる。定着筋降伏後は、降伏による付着 劣化が奥側に進行するが、定着奥側のひずみ勾配(付着 抵抗)が大きくなって引張力への抵抗が保持されており、 定着長が長いことによる定着性能の向上が認められる。

定着板の有無(P-32P-20, P-32N-20)を比較すると,定着 板があることで鉄筋降伏後~破断まで,一番奥の歪みが 増大し続けており,定着板の支圧抵抗の存在が認められ



る。複数本の場合は、1本の場合と比べ、同一荷重時の 歪み勾配(付着応力度)が小さく、荷重初期より一番奥の 歪み(支圧板の抵抗)が増加していることが認められる。 特に3本150mm間隔のP-32P-20-T150では、P=250~ 300kN/本程度で急激に上部側の勾配が小さくなり、定着 奥側の付着抵抗と定着板の支圧抵抗が増加していること が認められる。したがって、本工法を小さい定着筋間隔 で用いる場合においても、定着長さを確保することで安 定的な付着抵抗が得られ、そして、支圧板の支圧抵抗の 存在によって、定着筋破断まで定着性能を確保すること が可能といえる。

3.3 実験付着強度と評価値の比較

図-11 は、実験の付着強度 τ_{bsu} と設計付着応力度(強度)の関係を示している。設計付着応力度・強度は、前章 と同様に RC 規準($K \cdot f_b$)¹⁾と各種合成構造設計指針(τ_a)²⁾ の値であり、表-4 に示す定着筋毎の計算値をそれぞれ 一点鎖線と丸(〇)で示している。複数本(2本,3本)場合、 τ_a は、定着筋間隔の低減係数を用いて算出している。

実験の付着強度は、定着筋の引張強度で決定されてい ることもあり、複数本の場合も定着筋位置(外側・中央) で大きな差異は見られていない。実験値は、3本の中央 の場合でもRC規準の付着強度K・fbの2倍を超えており、 また、各種合成構造設計指針の定着筋間隔で低減される 付着強度の値を超えている。したがって、本工法の定着 性能の評価は、長い定着長、低いコンクリート強度、ま た、複数本の場合においても上記規準・指針の付着応力 度・付着強度を準用できるといえる。

4. まとめ

削孔後モルタル充填し、小円形定着板を有する定着筋 を挿入する後挿入型鉄筋定着工法において、コンクリー ト母材の実強度約 15N/mm²における付着・定着性能につ いて示した。





いても先付の異形棒鋼と同等以上であり,定着板は, 定着長さ全長の一様な付着抵抗の確保に有用である と同時に,支圧抵抗により定着強度の増加へ寄与し ていることを示した。

(2) 本工法の定着性能の評価は, AIJ 鉄筋コンクリート構 造計算規準, AIJ 各種合成構造設計指針の付着応力 度・付着強度を準用できるといえる。

参考文献

- 日本建築学会:鉄筋コンクリート構造計算規準・同 解説 2010
- 日本建築学会:各種合成構造設計指針・同解説 第 四編 2010
- 三桶達夫,堀口賢一,大友健,加納宏一,田中良弘:既設 コンクリート構造物のせん断補強工法の開発 Post-Head-bar による後施工せん断補強工法の開発, 大成建設技術センター報 第39号, 2006
- 杉山智昭,高木憲三郎,渡辺英義,小野英雄:小円形板 を有する後挿入型定着工法の定着性能 その1,そ の2,日本建築学会大会学術講演梗概集,構造W, pp.41-44,2015
- 5) 異形鉄筋コンクリート設計法研究会編 鋼材倶楽 部:異形鉄筋コンクリート設計法, pp.53-54, 1971
- 6) 島弘,周礼良,岡村甫:異形鉄筋の鉄筋降伏後における付着特性,土木学会論文集,第 378 号/V-6, pp.213-219, 1987.2